

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-121780

(43)Date of publication of application : 30.04.1999

(51)Int.Cl.

H01L 31/04
H01L 29/43

(21)Application number : 09-283433

(71)Applicant : ASAHI GLASS CO LTD

(22)Date of filing : 16.10.1997

(72)Inventor : IKEDA TORU

(54) SOLAR CELL AND MANUFACTURE THEREOF

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To protect a glass board against cracking, by a method wherein a transparent electrode layer is formed through a patterning method where a laser is not used, and a photoelectric conversion layer and a back electrode layer are formed on the transparent electrode layer through a patterning method where a laser is used.

SOLUTION: A transparent conductive film is formed on a glass substrate, and a prescribed pattern is provided to the transparent conductive film through a patterning method where no laser is used. Then, a groove is provided to form the transparent conductive film up to the surface of the glass substrate so as to form a transparent electrode layer. Then, an amorphous silicon layer is formed on the transparent electrode layer and filled into the groove. A groove is provided to the upside of the transparent electrode layer by a patterning method where a laser is used to form a photoelectric conversion layer. Then, a metal layer is formed on the photoelectric conversion layer, and a prescribed pattern is provided to the metal layer through a patterning method where a laser is used for the formation of a back electrode layer.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

..... BLANK (USPTO)

27/3

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 1 1 - 1 2 1 7 8 0

(43) 公開日 平成 11 年 (1999) 4 月 30 日

(51) Int. Cl.⁸
H O 1 L 31/04
29/43

識別記号

F I
H O 1 L 31/04 M
29/46 B

審査請求 未請求 請求項の数 4

O L

(全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平 9 - 283433

(22) 出願日 平成 9 年 (1997) 10 月 16 日

(71) 出願人 000000044

旭硝子株式会社

東京都千代田区丸の内 2 丁目 1 番 2 号

(72) 発明者 池田 徹

神奈川県横浜市神奈川区羽沢町 1150 番地

旭硝子株式会社内

(74) 代理人 弁理士 渡辺 望稔 (外 1 名)

(54) 【発明の名称】 太陽電池およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 加熱処理を伴う製造過程においてガラス基板の割れがなく、生産歩留りの向上およびコストの低減を図ることができ、また、実使用時においても、ガラス基板の割れがないため、高い信頼性および機械的強度を有する太陽電池およびその製造方法の提供。

【解決手段】 ガラス基板と、該ガラス基板上にレーザーを用いないパターンニング方法によって形成された透明電極層と、該透明電極層の上にレーザーを用いるパターンニング法によって形成された光電変換層と裏面電極層とを有する太陽電池およびその製造方法。

【特許請求の範囲】

【請求項1】ガラス基板と、該ガラス基板上にレーザーを用いないパターンニング方法によって形成された透明電極層と、該透明電極層の上にレーザーを用いるパターンニング法によって形成された光電変換層と裏面電極層とを有する太陽電池。

【請求項2】前記レーザーを用いないパターンニング方法が、フォトリソ処理またはリフトオフ処理である請求項1に記載の太陽電池。

【請求項3】前記ガラス基板が、強化ガラスからなるものである請求項1または2に記載の太陽電池。

【請求項4】ガラス基板の上に透明導電膜を成膜し、該透明導電膜をレーザーを用いないパターンニング法によって処理して所定のパターンを有する透明電極層を形成した後、該透明電極層の上にレーザーを用いるパターンニング法を用いて光電変換層と裏面電極層とを形成する工程を有する太陽電池の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は太陽電池およびその製造方法に関し、特に、製造過程においてガラス基板の割れがなく、生産歩留りの向上およびコストの低減を図ることができ、また、実使用時においても、ガラス基板の割れがないため、高い信頼性および機械的強度を有する太陽電池およびその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】一般に、太陽電池として、光透過性絶縁基板であるガラス基板上に、光透過性を有する透明電極層、非晶質シリコンからなる光電変換層、および導電性金属からなる裏面電極層を積層した構造を有するものがある。この太陽電池は、単独では、所要の起電力を得ることができないため、通常、図2(d)に示すように、ガラス基板1の上に、透明電極層2aと裏面電極層4aとによって挟まれた光電変換層3aからなる太陽電池セル5aを、複数個配列した構造を有し、例えば、太陽電池セル5bの裏面電極層4bと隣の太陽電池セル5aの透明電極層2aとを接続し、各太陽電池セル5a、5b、……を連絡部6a b、6 b c、6 c d……によって直列に接続して、構成される。

【0003】この太陽電池の製造は、図1(a)に示すように、ガラス基板1上に透明導電膜7を形成した後、図1(b)に示すように、所定のパターンでガラス基板1の表面まで達する溝8を刻設（スクライブ）して、各太陽電池セルに対応する透明電極層2a、2b、……を形成する。さらに、その上層に、図2(a)に示すように、非晶質シリコン層9を堆積した後、図2(b)に示すように、所定のパターンで透明電極層2a、2b、……まで達する連絡部6a b、6 b c、6 c d……に対応する溝10（図2(d)における連絡部6a b、6 b c、6 c d……に対応）を刻設して、光電変換層3a、

3b、……を形成する。次に、図2(c)に示すように、光電変換層3a、3b、……の上層に、裏面電極層を構成する導電性被膜11（例えば、金属膜）を形成するとともに、溝10に導電性被膜物質を充填して連絡部6a b、6 b c、6 c d……を形成した後、所定のパターンで光電変換層3a、3b、……まで達する溝12を刻設して、図2(d)に示すように、裏面電極層4a、4b、……を形成することによって、行うことができる。この太陽電池の製造において、溝8、10および12を刻設する作業、いわゆるスクライブは、主にレーザーを用いて行われている。これはドライプロセスであるため、太陽電池の製造工程であるCVDやスパッタリング等の真空工程との接続が容易であり、装置コストが安いこと、幅50μm以下の微細なパターンの迅速な刻設が容易である等の理由による。

【0004】しかし、従来の太陽電池は、その製造工程における加熱処理、例えば、光電変換層の製膜工程、裏面電極層の製膜工程等における加熱処理において、ガラス基板が割れ、生産歩留りの低下を招き、コストの増加を生じる原因となっていた。また、太陽電池は、実使用時には屋外に暴露されるため、小石、落下物等の衝突による機械的衝撃、あるいは日射による温度上昇、昼夜間の温度差、季節の変化における寒暖差等によりガラス基板に発生する熱応力によって、ガラス基板の割れが発生することがあった。また、強度の向上を目的として、ガラス基板に強化ガラスを使用しても、同様に、割れを生じ、期待した強度を得ることができなかった。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】そこで、本発明の目的は、加熱処理を伴う製造過程においてガラス基板の割れを防ぎ、生産歩留りを向上させてコストの低減を図ることができ、また、実使用時においても、ガラス基板の割れを防止し、高い信頼性および機械的強度を有する太陽電池を提供することにある。

【0006】また、本発明の第2の目的は、前記太陽電池を高い歩留りおよび低コストで製造することができる製造方法を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】そこで、本発明者らは、太陽電池のガラス基板の割れの原因を調査した。その結果、生じた割れの起点は全て、レーザースクライブによって、透明電極層を刻設した個所、すなわち、前記図1(b)において、ガラス基板1の溝8の底部（図3の13で示した部分）であることが判明した。一般に、レーザーによる溝8のスクライブが不完全であると、図3(b)に示すように、隣接する透明電極層2aと2b、2bと2c、または2cと2c…の間が連絡し、それぞれ独立した電極を構成することができないこととなる。そこで、隣接する透明電極層の間を完全に隔離した状態とするため、強い出力のレーザーによるスクライブが

行われ、図3(a)に示すように、ガラス基板1の溝8の底部13に接する部分は、レーザーの照射により透明電極層が局部的に強く加熱されるため、刻設部分に接するガラス基板表面も局部的に熱的なダメージを受けると推測される。特に、ガラス基板1が強化ガラスである場合には、強度を発現するために必要なガラス表面の強化応力がレーザースクライブによる局部的なガラス表面の加熱により緩和されるため、強化ガラス本来の強度が発現しなくなり、ガラス強度低下の影響は顕著に現れると考えられる。そこで、本発明者らは、太陽電池の製造において、透明電極層の刻設を、レーザーを用いないパターニング法で行うことによって、ガラス基板に熱的および機械的ダメージを与えなければ前記課題を解決できること、光電変換層および裏面電極層の刻設は、レーザーパターニング法により行ってもガラス基板はダメージを受けないこと、さらには、透明電極層の刻設を、レーザーを用いないパターニング法で行う方法と、ドライプロセスであるため、太陽電池の製造工程であるCVDやスパッタリング等の真空工程との接続が容易で、装置コストが安く、幅50 μ m以下の微細パターンの刻設が容易であるレーザーパターニング法とを組み合わせることによって、加熱処理を伴う太陽電池の製造過程においてガラス基板の割れを防ぎ、生産歩留りを向上させることでコストの低減を図ることができることを知見し、本発明を想到するに至った。

【0008】すなわち、本発明は、前記課題を解決するため、ガラス基板と、該ガラス基板上にレーザーを用いないパターニング法によって形成された透明電極層と、該透明電極層の上にレーザーを用いるパターニング法によって形成された光電変換層と裏面電極層とを有する太陽電池を提供するものである。

【0009】また、本発明は、前記太陽電池の製造方法として、ガラス基板の上に透明導電膜を成膜し、該透明導電膜をレーザーを用いないパターニング法によって処理して所定のパターンを有する透明電極層を形成した後、該透明電極層の上にレーザーを用いるパターニング法を用いて光電変換層と裏面電極層とを形成する工程を有する太陽電池の製造方法を提供するものである。

【0010】以下、本発明の太陽電池およびその製造方法について、詳細に説明する。

【0011】本発明の太陽電池は、ガラス基板と、該ガラス基板の上に、透明電極層、光電変換層および裏面電極層を有するものである。

【0012】本発明の太陽電池のガラス基板を形成するガラス素地としては、特に限定されず、例えば、通常のソーダライムガラス組成からなるガラス、鉄含有量を低減させた白板ガラス組成のガラス、ソーダ含有量を低減させた耐熱ガラス組成のガラス、ホウ珪酸ガラス等の各種の素地が使用できる。特に、本発明の太陽電池は、可視光の吸収を低減させ、高い可視光線透過率を有するこ

とが求められるため、鉄の含有率が酸化鉄量として0.05wt%以下、好ましくは0~0.01wt%であるガラス素地からなるものが、1~2 μ mの長波長域での透過率を向上させることができるため、好適である。また、鉄含有率が0wt%の素地としてホウ珪酸ガラスを使用してもよい。具体的には、可視光線透過率が、ソーダライムガラスよりも高く、特に、可視光線透過率が85%以上、さらに可視光線透過率が88~92%であるガラス素地を用いることが好ましい。また、本発明の太陽電池において、ガラス基板は、強化ガラスからなるものでもよい。この場合、あらかじめ強化処理したガラスの上に透明導電層を形成したものをを用いてもよいし、透明導電層をガラス基板上に作成した後、強化した透明導電層付強化ガラス基板を使用してもよい。

【0013】本発明の太陽電池において、ガラス基板の厚さは、通常、0.5~10mmの範囲であり、強化ガラスまたは透明導電層付強化ガラスを基板として用いる場合は、3mm以上であることが望ましい。

【0014】本発明の太陽電池において、ガラス基板の上に形成される透明電極層の形成は、ガラス基板の上に透明導電膜を形成した後、該透明導電膜をレーザーを用いないパターニング法で処理して所定のパターンを形成することによって行う。

【0015】ガラス基板上への透明導電膜の形成は、例えば、CVD法、プラズマCVD法、スパッタリング法、電子ビーム蒸着法、抵抗加熱蒸着法、イオンプレーティング法、透明導電膜形成用塗布液をスプレー塗布するスプレー法、透明導電膜形成用塗布液に浸漬する浸漬法等の透明導電性薄膜をガラス基板の表面に形成できる方法であれば、いずれの方法にしたがって行ってもよく、特に制限されない。

【0016】本発明において、透明導電膜を所定のパターンに形成するためのレーザーを用いないパターニング法としては、フォトリソ法、リフトオフ法等が挙げられる。

【0017】本発明の太陽電池において、透明電極層は、例えば、酸化錫を主成分とする透明導電酸化物層などが挙げられる。この酸化錫を主成分とする透明導電酸化物層としては、フッ素が酸化錫に対して0.1~5重量%、好ましくは0.3~2重量%程度の割合で含有され、導電性が付与されたフッ素ドーパド酸化錫導電膜、あるいはアンチモンが酸化錫に対して0.1~30重量%、好ましくは0.3~5重量%程度の割合で含有され、導電性が付与されたアンチモンドーパド酸化錫導電膜が望ましい。また、この酸化錫を主成分とする透明導電酸化物層は、フッ素、アンチモンの他に、インジウム、亜鉛、カドミウム、ひ素、リン、塩素等を含有していてもよい。

【0018】この透明電極層の厚さは、通常、2000~15000オングストローム程度であり、導電性と表

面形状の点で、好ましくは6000~12000オングストロームである。

【0019】また、本発明の太陽電池のガラス基板は、透明電極層以外に、必要に応じて、酸化珪素等からなる下地処理層または酸化亜鉛を主成分とする表面保護層（プラズマ耐性層、耐熱層）を有していてもよい。

【0020】本発明の太陽電池において、光電変換層の形成は、非晶質シリコンからなる半導体層を形成し、この半導体層にレーザーを用いるパターンニング法によって所定のパターンを形成することによって行うことができる。この光電変換層は、例えば、ボロンドープ非晶質SiC、ノンドープ非晶質Si、ボロンドープ非晶質Siを順次積層してなるpin接合半導体層等が挙げられる。非晶シリコンからなる半導体層の形成は、プラズマCVD法等によって行うことができる。

【0021】本発明の太陽電池において、裏面電極層は、金属層、金属酸化物層、あるいは金属層と金属酸化物層とからなる複合層で構成される。金属層を構成する金属としては、例えば、Ti、Al、Ag、Ni等が用いられ、金属酸化物としては、例えば、ZnO、TiO₂、SnO₂等が用いられる。金属層または金属酸化物層の積層は、例えば、スパッタリング法、CVD法、真空蒸着法等の方法にしたがって行うことができる。本発明において、裏面電極層の形成は、前記金属または金属酸化物からなる被膜を、光電変換層の上に成膜した後、レーザーを用いるパターンニング法によって所定のパターンを形成することによって行うことができる。

【0022】本発明において、光電変換層および裏面電極層の刻設に用いるレーザーとしては、例えば、YAGレーザー等が挙げられる。

【0023】本発明の太陽電池の製造は、前記図1

(a)および(b)、ならびに図2(a)~(d)に示す、透明電極層の形成、光電変換層の形成および裏面電極層の形成の工程にしたがって行うことができる。本発明においては、この工程において、図1(b)に示す透明電極層の形成における溝8の刻成を、レーザーを用いないパターンニング法によって行い、図2(b)に示す光電変換層の形成における溝10の刻成および図2(d)に示す裏面電極層の形成における溝12の刻成をレーザーを用いるパターンニング法によって行う方法である。溝8の刻成をレーザーを用いないパターンニング法によって行うことにより、製造工程における加熱処理、例えば、光電変換層の製膜工程、裏面電極層の製膜工程、樹脂等による裏面側の封止工程等における加熱処理において、ガラス基板が割れることを防止することができる。また、太陽電池の実使用時における機械的衝撃、あるいは日射による加熱、昼夜間の温度差、季節の変化における寒暖差等による熱サイクルによりガラスに発生する応力による割れを防止することができる。また、通常のガラス基板の代わりに強化ガラスを用いた場合も同様の効果

がある。

【0024】

【実施例】以下、本発明の実施例および比較例に基づいて、本発明をより具体的に説明する。

【0025】(実施例1)面取りした板厚4mm、30cm角のガラス基板上に、常圧CVD法により、厚さ1μmの酸化錫透明導電膜を形成した。次に、形成された酸化錫透明導電膜の表面に太陽電池セルの所定のパターンをレジスト印刷し、乾燥後、亜鉛粉末と1Nの塩酸溶液を用いたエッチングによって、ガラス基板の表面にまで達する複数の溝を刻成して、ガラス基板上に、各溝によって画成された、酸化錫からなる透明電極層を複数形成した。次いで、透明電極層の上に、プラズマCVD法（基板温度：200℃）によって、ボロンドープ非晶質SiC層、ノンドープ非晶質Si層、ボロンドープ非晶質Si層を順次積層して、厚さ5000Åの非晶質シリコン層を形成するとともに、透明電極層を画成する溝にも該非晶質シリコンを充填した後、YAGレーザーสクリップ（波長：0.53μm）によって、透明電極層の上面にまで達する複数の溝を刻成して、各溝によって画成された、pin光電変換層を複数形成した。

【0026】次に、形成されたpin光電変換層の上に、スパッタリング法を用いて、室温で厚さ2000ÅのAg層を形成するとともに、pin光電変換層を画成する溝にもAgを充填した後、YAGレーザーสクリップ（波長：0.53μm）によって、pin光電変換層の上面にまで達する複数の溝を刻成して、各溝によって画成された、複数のAg裏面電極を形成した。

【0027】以上の工程によって、ガラス基板の上に、透明電極層、pin光電変換層およびAg裏面電極層からなる太陽電池セルを30個配列し、各太陽電池セルは、隣接するセルの透明電極層と裏面電極層とが、前記図2(d)に示すように、連絡部で接続されている構造を有する太陽電池モジュールを作成した。本実施例においては、同様の工程によって15枚の太陽電池モジュールを作成した。この太陽電池モジュールの製造工程において、pin光電変換層形成工程における200℃への昇温過程または室温への降温過程で、ガラス基板に割れは生じなかった。また、製造した15枚の太陽電池モジュールについて、屋外暴露試験を2ヶ月行った結果、割れは生じなかった。

【0028】(実施例2)面取りした板厚4mm、30cm角のガラス基板上に、常圧CVD法により、厚さ1μmの酸化錫透明導電膜を作製した。この酸化錫透明導電膜付ガラス基板を620℃まで加熱後風冷強化し、酸化錫透明導電膜付強化ガラスとした。次に、実施例1と同様に、フォトリソ法による透明電極層の形成、ならびにpin光電変換層の形成、およびAg裏面電極層の形成を行い、ガラス基板の上に、透明電極層、pin光電変換層およびAg裏面電極層からなる太陽電

池セルを30個配列し、各太陽電池セルは、隣接するセルの透明電極層と裏面電極層とが、前記図2(d)に示すように、連絡部で接続されている構造を有する太陽電池モジュールを15枚製造した。

【0029】この太陽電池モジュールの製造工程において、pin光電変換層形成工程における200℃への昇温過程または室温への降温過程で、ガラス基板に割れは生じなかった。また、この強化ガラスからなる基板を有する太陽電池モジュール15枚について、227gの鉄球を用いて、2mの高さから落球試験を行った結果、15枚とも割れを生じず、強化ガラス本来の強度を発現した。さらに、製造した15枚の太陽電池モジュールについて、屋外暴露試験を2ヶ月行った結果、割れは生じなかった。

【0030】(比較例1)面取りした板厚4mm、30cm角のガラス基板上に、常圧CVD法により厚さ1μmの酸化錫透明導電膜を形成した後、波長:1.06μmのYAGレーザーを用いるスクライブ法で酸化錫透明導電層のパターニングを行った以外は、実施例1と同様にして、太陽電池モジュールを15枚作製した。この太陽電池モジュールの製造工程において、pin光電変換層形成工程での200℃への昇温過程または室温への降温過程において、太陽電池モジュール15枚中2枚のガラス基板に割れが生じた。割れた太陽電池モジュールを調べたところ、酸化錫透明電極層をレーザースクライブした場所が割れの起点となっていた。

【0031】また、13枚の太陽電池モジュールについて屋外暴露試験を2ヶ月間行った。その結果、太陽電池モジュール13枚中2枚のガラス基板に割れが生じた。割れた太陽電池モジュールを調べたところ、酸化錫透明導電層をレーザースクライブした場所が割れの起点となっていた。この結果から、実施例1と比べてガラスの強*

*度が低下していることが分かる。

【0032】(比較例2)面取りした板厚4mm、30cm角のガラス基板上に、常圧CVD法により厚さ1μmの酸化錫透明導電膜を作製した。この酸化錫透明導電膜付ガラス基板を620℃まで加熱後風冷して強化ガラスとした。次に、波長:1.06μmのYAGレーザーを用いるスクライブ法で酸化錫透明導電層のパターニングを行った以外は、実施例1と同様にして、太陽電池モジュールを15枚作製した。

10 【0033】この太陽電池モジュールの製造工程において、pin光電変換層形成工程での200℃への昇温過程または室温への降温過程において、太陽電池モジュール15枚中2枚のガラス基板に割れが生じた。割れた太陽電池モジュールを調べたところ、酸化錫透明電極層をレーザースクライブした場所が割れの起点となっていた。また、この強化ガラスからなる基板を有する太陽電池モジュール13枚について、227gの鉄球を用いて、2mの高さから落球試験を行った結果、13枚とも割れは生じなかった。

20 【0034】また、13枚の太陽電池モジュールについて屋外暴露試験を2ヶ月間行った。その結果、太陽電池モジュール13枚中1枚のガラス基板に割れが生じた。割れた太陽電池モジュールを調べたところ、酸化錫透明導電層をレーザースクライブした場所が割れの起点となっていた。実施例2と比較した場合、強化ガラス本来の強度が低下していることが明らかとなった。

【0035】以上の実施例1および2、ならびに比較例1および2において、太陽電池をそれぞれ15枚製造した中で、製造工程、落球試験および屋外暴露試験でガラス基板が割れた枚数を、表1にまとめて示す。

【0036】

表1 割れた枚数(15枚中)

| | 光電変換層の形成工程 | 落球試験 | 屋外暴露試験 |
|------|------------|------|--------|
| 実施例1 | 0 | — | 0 |
| 実施例2 | 0 | 0 | 0 |
| 比較例1 | 2 | — | 2 |
| 比較例2 | 2 | 0 | 1 |

【0037】実施例で作製した太陽電池モジュールは、屋外暴露時の熱割れや、電池作製時の熱サイクルで割れを生じることがなく、高い製造歩留りが実現できる。これに対して従来の全てレーザーでパターニングする方法では、レーザーによる基板への熱ダメージが発生し易いため、割れを生じ易いことが分かった。また、強化の効

果もレーザーによるパターニング工程で失われ易く、強化ガラス本来の強度を確保できなかった。

【0038】

【発明の効果】本発明の太陽電池は、加熱処理を伴う製造過程においてガラス基板の割れがなく、生産歩留りの向上およびコストの低減を図ることができ、また、実使

用時においても、ガラス基板の割れがないため、高い信頼性および機械的強度を有するものである。また、本発明の太陽電池の製造方法によれば、前記太陽電池を高い歩留りおよび低コストで製造することができる。

【図面の簡単な説明】

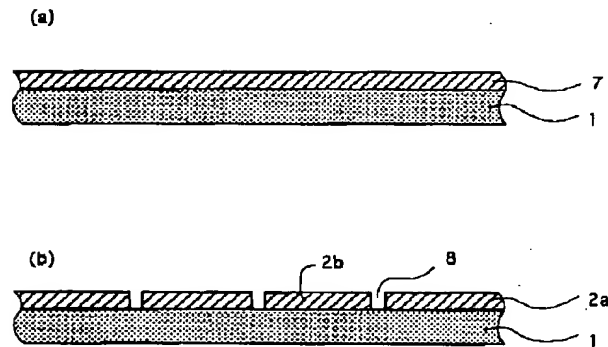
【図1】 (a) および (b) は、太陽電池の製造における透明電極層の形成工程を説明する模式断面図。

【図2】 (a) ～ (d) は、太陽電池の製造における光電変換層および裏面電極層の形成工程を説明する模式断面図。

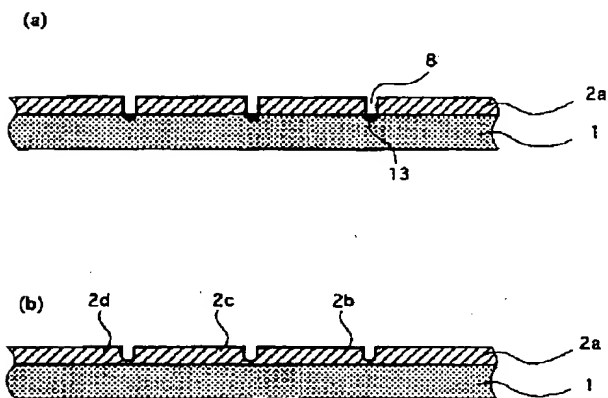
【図3】 (a) および (b) は、従来の太陽電池の製造における透明電極層の形成工程の問題点を説明する図。

【符号の説明】

【図1】

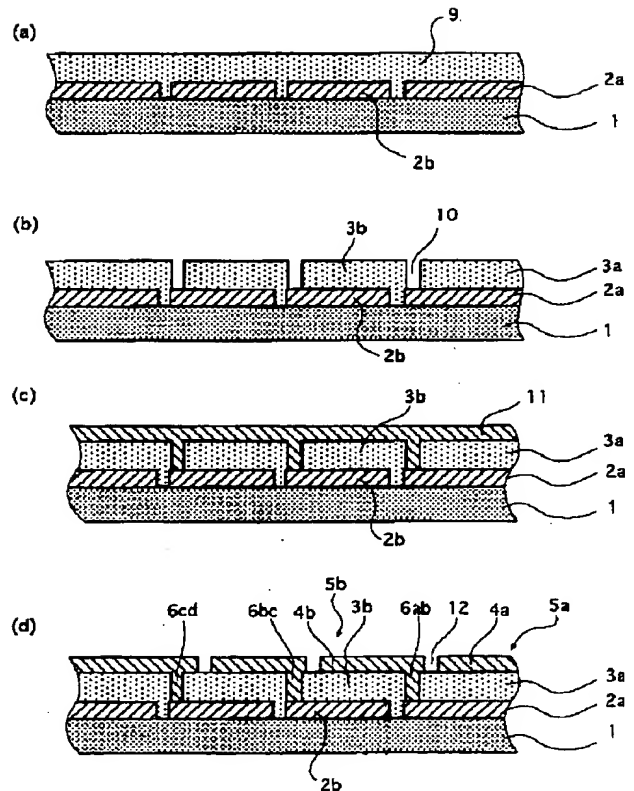


【図3】



- 1 ガラス基板
- 2 a, 2 b 透明電極層
- 3 a, 3 b 光電変換層
- 4 a, 4 b 裏面電極層
- 5 a, 5 b 太陽電池セル
- 6 a b, 6 b c, 6 c d 連絡部
- 7 透明導電膜
- 8 溝
- 9 非晶質シリコン層
- 10 溝
- 11 導電性被膜
- 12 溝
- 13 溝8の底部

【図2】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)